



Mapeamento da Fragilidade Ambiental Potencial do Meio Físico da Área Urbana do Município de Lábrea – Sul do Amazonas

Mapping the Potential Environmental Fragility of the Physical Environment in the Urban Area of the Municipality of Labrea – South of Amazonas

Joiada Moreira da Silva Linhares¹, Deborah Pereira Linhares da Silva², Wanderley Rodrigues Bastos³ e Josélia Fontenele Batista⁴

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - IFAM Campus Lábrea, Departamento de Ensino, Pesquisa e Extensão, Lábrea - AM, Brasil. Joiada.silva@ifam.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4266-6252>

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia – IFRO Campus Cacoal, Departamento de Apoio ao Ensino, Cacoal - RO, Brasil. deborah.silva@ifam.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0896-0471>

³ Universidade Federal de Rondônia - UNIR Campus Porto Velho, Laboratório de Biogeoquímica Ambiental Wolfgang C. Pfeiffer, Porto Velho - RO, Brasil. bastoswr@unir.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2105-9947>

⁴ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia – IFRO Campus Porto Velho, Departamento de Ensino, Porto Velho - RO, Brasil. joselia.fontenele@ifro.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6508-6656>

Recebido: 03.2020 | Aceito: 06.2020

Resumo: A população de Lábrea – AM está estimada em 46.069 habitantes, dos quais quase 70% vive em área urbana. A migração da população campo-cidade tem propiciado a expansão indiscriminada do espaço urbano de Lábrea. Por isso, é comum encontrar domicílios em áreas impróprias para instalação de moradias, não só do ponto de vista da fragilidade ambiental, mas também do ponto de vista geotécnico. Assim, o estudo teve o objetivo de realizar o diagnóstico da fragilidade ambiental potencial na área urbana do município de Lábrea. Os procedimentos metodológicos foram organizados em etapas: 1) arquitetura organizacional dos dados no SIG; 2) preparação de base cartográfica e processamento digital de imagem e; 3) determinação das classes de fragilidade potencial, a partir do método de individualização de unidades ecodinâmicas instáveis e estáveis. A cidade de Lábrea apresenta áreas com fragilidade ambiental potencial fraca, média e forte, correspondendo a 33,18%, 7,3% e 51,63% respectivamente. As unidades morfológicas de planície e os vales fluviais mostraram-se mais sensíveis às mudanças do sistema natural. Por outro lado, as unidades de depressão e terraços fluviais apresentaram média e fraca fragilidade ambiental, condições favoráveis ao processo de ampliação planejada da urbanização.

Palavras-chave: Instabilidade ambiental. Ecodinâmica instável e estável. Planejamento urbano.

Abstract: The population of Labrea – AM is estimated at 46,069 inhabitants, almost 70% live in the urban area. The migration of the countryside-city populational has led to the indiscriminate expansion of Labrea's urban space. Therefore, it is common to find households in areas unsuitable for housing installatioan, not only from the point of view of environmental fragility but also from a geotechnical point of view. Thus, the study objective was carry out the diagnosis of potential environmental fragility in the urban area of the municipality Labrea. The methodological procedures were organized in stages: 1) organizational architecture of the data in the GIS; 2) cartographic base preparation and digital image processing and; 3) determination of potential fragility classes based on the method of individualization of unstable and stable ecodynamic units. The classes of potential fragility were obtained from the method of individualization of unstable and stable ecodynamic units. The city of Labrea presents areas with weak, medium and strong potential environmental fragility corresponding to 33.18%, 7.3% and 51.63% respectively. The morphologic units of the plain and the river valleys proved to be more sensitive to changes in the natural system. On the other hand, the depression units and fluvial terraces showed medium and weak environmental fragility, favorable conditions for the planned expansion of urbanization.

Keywords: Instability environmental. Ecodynamic unstable and stable. Urban planning

1 INTRODUÇÃO

A urbanização brasileira materializou-se entre 1960 e 1980, quando o aumento do percentual de população vivendo em cidades passou a ser superior em face a população total no País. Neste período, a transferência acentuada campo-cidade da população propiciou a apropriação indiscriminada de territórios e dos recursos naturais, sem muitas vezes considerar as características do meio físico e as limitações impostas pelos ambientes de maior fragilidade (CORRÊA, 1991; LOSSARDO; LORADI, 2010; SANTOS; ROSS, 2012).

Acompanhando a tendência de crescimento populacional urbano no País; na segunda metade do século XX, com a implantação do Programa de Integração Nacional (PIN), entrada em funcionamento da Zona Franca de Manaus (ZFM) entre outros projetos incentivados pela Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia – SUDAM; a Amazônia passou a registrar as maiores taxas de crescimento urbano no território nacional. Razão pela qual foi denominada de floresta urbanizada (BECKER, 1985; RIBEIRO, 1995; VIRGA, 2017).

O PIN, enquanto programa governamental de desenvolvimento regional e ocupação territorial, promoveu entre 1970-1990 à aceleração da urbanização na região norte, uma vez que a população urbana de 35% em 1970, elevou-se para 61% no ano de 1996 e, no ano 2000 para 69%. Em 2010, 74% da população já habitavam em cidades da Amazônia brasileira. Esse ritmo de transferência populacional ocorreu nas grandes (Belém – PA e Manaus – AM), médias (Bragança – PA e Parintins – AM) e nas pequenas cidades (Dom Eliseu – PA e Lábrea – AM) (BERCKER; STENNER, 2008; GALLO, 2013).

Portanto, Lábrea faz parte do conjunto de cidades brasileiras que apresenta um relativo crescimento populacional urbano, diretamente relacionado à elevada taxa de natalidade, combinada com a migração espontânea intra e inter-regional do espaço rural para o urbano. Uma das consequências desse crescimento é a expansão desordenada da urbanização, que nos últimos cinco anos vêm intensificando-se sem que o poder público municipal tenha tempo e recursos, humano e financeiro, disponíveis para mensurar as potencialidades e fragilidades de ambientes naturais e antropizados pela população recém-chegada à periferia da cidade.

Com base na teoria geral de sistemas e do conceito de unidades ecodinâmicas, preconizadas por Tricart (1977), Ross (1994) estabeleceu os parâmetros metodológicos para análise empírica da fragilidade de ambientes naturais e antropizados, na qual incluiu graus de classificação as unidades ecodinâmicas instáveis variando desde instabilidade muito forte a muito fraca. Este critério foi estendido às unidades ecodinâmicas de instabilidade potencial com a finalidade de prever a capacidade de suporte do ambiente, em razão de suas características naturais e da possível à ação praticada pelo ser humano.

Segundo Santos e Ross (2012), a metodologia de fragilidade ambiental amplamente utilizada em estudos de ordenamento físico-territorial, foi na sua essência concebida para atender preferencialmente o planejamento agrônomo-ambiental. Porém, nos últimos vinte anos veem sendo utilizada em estudos integrados de planejamento territorial ambiental urbano, realizados por Filho (2006), Nascimento e Souza (2010), Bahr e Carvalho (2012), Pedro (2014), Thomazini e Lupinacci (2017) e Guirra (2017).

Nesse contexto, Filho (2006) ao correlacionar os índices morfométricos a expansão da urbanização da cidade de Campinas – SP na bacia hidrográfica do córrego Proença, observou uma elevada fragilidade ambiental potencial no alto curso do córrego Proença, associada aos canais e 1ª ordem e vertentes com menos de 100 metros comprimento. Na ocasião, esse resultado foi acolhido pelo poder público da cidade de Campinas com preocupação, uma vez que as vertentes se encontravam ocupadas por vários bairros residências; intervenção humana que pode ter gerado um estado de desequilíbrio permanente na bacia do córrego Proença.

A ocupação irregular às margens dos arroios Cadena, Cancela, rio Vacacaí Mirim e dos morros Cechela, Vila Bela Vista no bairro Itararé, motivou Nascimento e Souza (2010) a realizarem o diagnóstico da fragilidade ambiental potencial e emergente da Região Administrativa Nordeste (RANE) da cidade de Santa Maria – RS. Os resultados apontaram que 59,3% da RANE apresenta de forte a muito forte fragilidade ambiental potencial e, 79,2% são consideradas de média a muito forte fragilidade ambiental emergente. Por isso, recomendaram ao poder público do município de Santa Maria – RS que restringisse a edificação de novos imóveis na bacia do arroio Vacacaí Mirim e, a expansão urbana em locais de fragilidade ambiental potencial forte e muito forte, como declividade acentuada (oeste do morro Cechela) e classes de solo pouco e medianamente profundo, em virtude das limitações de drenagem.

No diagnóstico da fragilidade ambiental do Perímetro Urbano de Rondonópolis (PUR), Guirra (2017) afirma que o PUR apresenta fragilidade potencial média e forte para as classes de solo, especialmente nas unidades ecodinâmicas estáveis, onde há ocorrência de Argissolos (seção de nascente com vertentes de média a forte declividade) e Neossolos, associados a depósitos de acumulação fluvial existentes no vale do rio Vermelho. Nestes setores do PUR, o estudo recomenda à adoção de medidas conservacionistas de proteção da cobertura do solo, afim de impedir a incidência de eventos erosivos, movimentos de massas e queda de blocos rochosos. Por isso, sugere ao poder público evitar a expansão da malha urbana, nesta parte da cidade de Rondonópolis – MT.

Esta última contribuição, junto com as demais mostra que à análise de fragilidade ambiental potencial e emergente tem sido aplicada no planejamento territorial ambiental de áreas urbanas consolidadas e em consolidação, com diferentes graus de desequilíbrio ambiental dos componentes que integram o meio físico. Diante das implicações ambientais inerentes ao crescimento urbano, justifica-se a identificação espacial de áreas nos arredores da malha urbana pré-existente de Lábrea, que em razão de suas características naturais apresentem graus de instabilidade potencial, favorável a expansão planejamento da urbanização.

A cidade de Lábrea – AM na sua totalidade encontra-se na planície fluvial do rio Purus, por isso, uma parcela significativa da área urbana permanece sob área propensa às inundações fluviais periódicas (PEREIRA; SZLAFSZTEIN, 2015; SCHAEFER et al., 2017). Este fato, numa primeira afirmativa, permite que o espaço urbano estudado se encontre em ambiente com muito forte fragilidade ambiental potencial. Entretanto, os dados que afirmam essa hipótese são oriundos de levantamentos regionais, logo, são incipientes as informações locais sobre os tipos de unidades morfológicas e seus respectivos graus de fragilidade ambiental.

O Estatuto da Cidade assegura a todos os cidadãos brasileiros, o direito de residir em uma cidade sustentável; tendo as instituições públicas Federais, Estaduais e Municipais o dever de evitar e corrigir as distorções relacionadas ao crescimento urbano desordenado (BRASIL, 2001). Neste sentido, o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental (PDUA) do município de Lábrea, regulamentado pela Lei nº 326, de 9 de outubro de 2006, atingiu o prazo de 10 (dez) anos (BRASIL, 2006a). Portanto, as ações e as metas do PDUA necessitam de revisão, conforme as condições socioambientais atuais. Assim, o presente estudo teve o objetivo de realizar o diagnóstico de fragilidade ambiental potencial do meio físico da área urbana do município de Lábrea - AM e, a partir deste, delimitar áreas cujas condições ambientais permitam a expansão planejada do processo de urbanização de Lábrea - AM.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Áreas de Estudo

A cidade de Lábrea está delimitada pelas coordenadas geográficas: longitude 64° 49" e 64° 46" w, latitude 7° 15" e 7° 17" s; apresenta um perímetro urbano de ≈ 21.818 km² e, encontra-se na bacia hidrográfica do rio Purus, pertencente a microrregião geoeconômica do médio rio Purus.

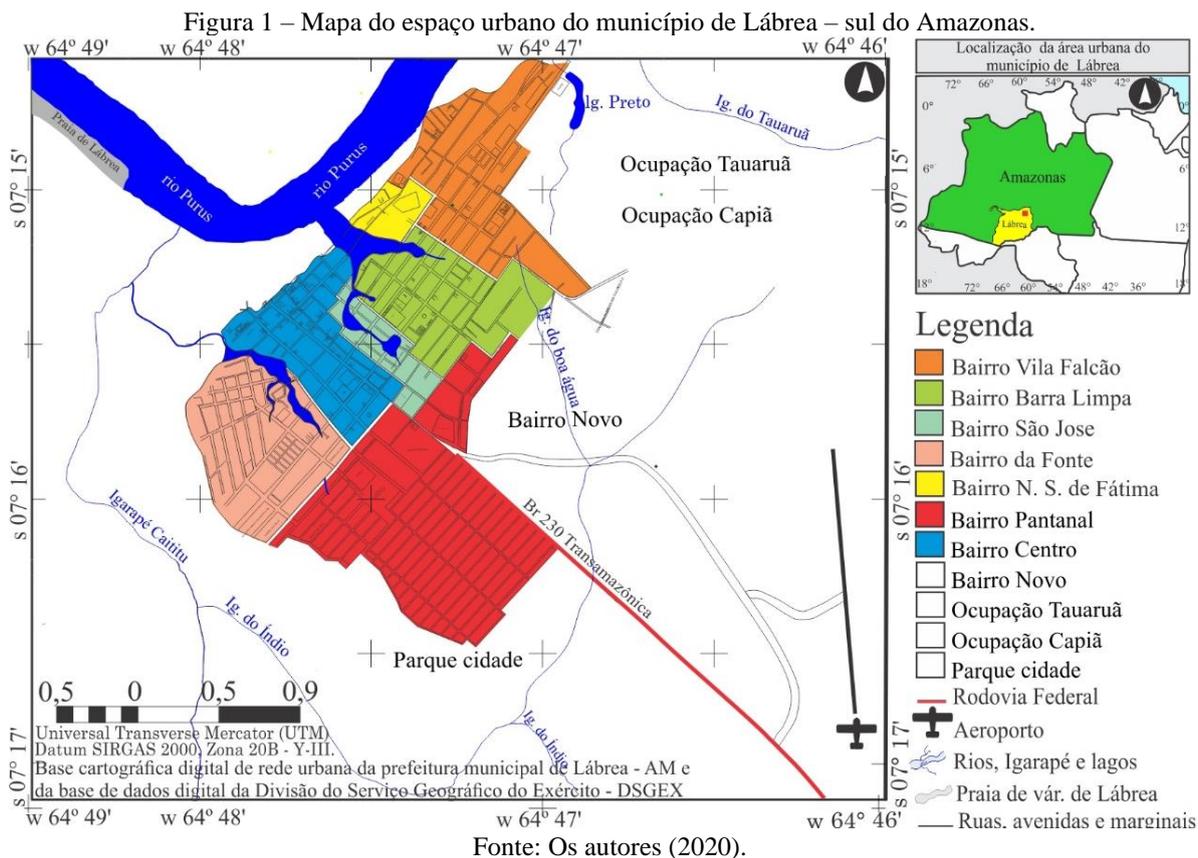
A Lei nº 292, de 9 de outubro de 2006 (BRASIL, 2006b), de zoneamento e limites dos bairros no perímetro urbano, estabelece que o espaço urbanizado de Lábrea se compõe de oito bairros: sete consolidados e um em consolidação (Figura 1); duas áreas de ocupação irregular espontânea (Tauaruã e Capiã) e uma área de interesse ambiental (Parque da cidade).

A área urbana estudada está sob a macrounidade intracratônica da bacia sedimentar amazônica. Essa bacia apresenta três unidades litoestratigráficas denominadas por Depósitos Aluvionares Indiferenciados, Formação Solimões e Terraços Fluviais (IBGE, 2003).

O relevo local está condicionado à estrutura geológica onde predomina, segundo Ross (2006), a planície fluvial amazônica, que é caracterizada pela acumulação de sedimentos oriundos dos Andes. Essa condição ambiental favorece a formação de solo da ordem dos Gleissolos e Neossolos (DANTAS; ARMESTO, 2008).

O clima na região sul do Amazonas onde se localiza a cidade de Lábrea, segundo a classificação de Strahler, é do tipo equatorial úmido com três meses secos (junho a agosto) e com temperaturas médias anuais entre 24° C e 27° C. O período chuvoso ocorre entre os meses de novembro a março. Os meses de abril e

outubro caracterizam-se como os meses de transição (SILVA et al., 2008).



2.2 Arquitetura organizacional dos dados

A determinação da fragilidade ambiental potencial do meio físico da cidade de Lábrea teve como base a distinção de ambientes morfológicos em unidades instáveis e estáveis. As unidades “instáveis” foram definidas como as áreas cujas intervenções antropogênicas modificaram intensamente o ambiente natural avaliado e, as unidades “estáveis”, como aquelas que não sofreram alterações pela ação humana, portanto encontram-se em perfeito estado de preservação do sistema natural (TRICART, 1977). Estas unidades foram classificadas em diferentes níveis de instabilidade ambiental que variaram de muito fraca a muito forte fragilidade ambiental potencial (NASCIMENTO; SOUZA, 2010).

A delimitação das áreas com diferentes níveis de fragilidade foi operacionalizada a partir do método proposto por Ross (1994) em quatro fases. Na primeira fase foi definida a arquitetura organizacional dos dados. No módulo principal do SPRING 5.2 foi criado o Banco de Dados Geográfico – BDG (MySQL) onde foram armazenadas as bases cartográficas da área estudada.

Na sequência definiu-se o projeto (Fragilidade_Terra_Labrea) e estabeleceu-se o sistema de projeção cartográfica, Universal Transversa de Mercator - UTM, combinado com o sistema geodésico de referência internacional da América, Datum Sirga 2000. Na interface de Modelo de Dados foram escolhidas três categorias de dados com seus respectivos atributos e, 12 Planos de Informações (PIs): i) *Imagem* (Ldsat 233/65), ii) *Temático* (Uso_da_terra, Rede_hidrográfica, Rede_viária, Malha_urbana, Classe_de_Solo, Estrutura_geológica, Unidade_morfológica e Terra_Legal e fragilidade_potencial) e iii) *MNT* (Declividade urbana e altitude urbana) (INPE, 2015).

2.3 Preparação de base cartográfica e processamento digital de imagem

Na segunda fase, foi preparada uma base cartográfica na escala de 1 / 100.000, com dados vetoriais de rede de drenagem, vias urbanas, rodovias, aeroporto, (SB-20-Y-III) e o perímetro urbano, definido pela lei

orgânica municipal. Em seguida, foi selecionada a imagem LANDSAT - TM: 233 / 065 com resolução espacial (pixel) de 30 metros e composição colorida RGB. Esta foi reprocessada com auxílio do software SPRING 5.2 (MEDEIROS; CÂMARA, 1998).

Após retificação da imagem, a mesma foi pré-interpretada por meio do método de classificação “supervisionada” (algoritmo máxima verossimilhança) considerando seis tipos de cobertura da terra: 1) massas de água, 2) florestas e reflorestamentos, 3) mata secundária natural, 4) formação de área de cultivo, pastagem, 5) áreas edificadas, 6) áreas desmatadas e solo exposto. Na sequência foi elaborado o mapa preliminar de uso e cobertura da terra, superposto a base cartográfica vetorial. Esse mapa subsidiou a seleção dos pontos do levantamento de exploratório de solo (INPE, 2015).

A terceira fase consistiu na elaboração da carta de fragilidade ambiental com base na declividade do terreno. A partir da carta topográfica de Lábrea (SB-20-Y-III – 1: 100 000), obtida no banco de dados digital da Divisão do Serviço Geográfico do Exército – DSGEX. Após importação dos dados topográficos de Lábrea para o SPRING 5.2, foi realizada a análise estatística exploratório descritiva, com a finalidade de estabelecer os limites e intervalos de classes para o tema declividade. Em seguida, no módulo de dados, foi criado um plano de informação (PI) com cinco classes temáticas, correspondentes as categorias de fragilidade ambiental de declividade do terreno. Na sequência, no *menu* principal do SPRING 5.2 foi selecionada a ferramenta de Modelagem Numérica de Terreno (MNT) fatiamento de classes. Neste ambiente do SIG foram estabelecidas as classes de declividade, com intervalo de classes variáveis (Quadro 1).

A quarta fase, consistiu na conversão dos mapas cadastrais de Geologia, Geomorfologia e solo, obtidos do banco de dados Geográfico - BDG da base digital municipal do Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM), conforme método proposto por Linhares et al. (2014). A transformação teve início como a consulta a coleção de atributos cartográficos pertinentes ao meio físico da área de estudo.

No visualizador de objeto foram indicados os atributos correspondentes a cada futura classe temática (cad-Geol = ID, área, perímetro, litologia, formação, Era, período, etc.). Em seguida selecionou-se o interpolador “passo igual”, onde cada atributo de interesse foi associado aos dados normalizados de características semelhantes.

Quadro 1 – Categorias de fragilidades ambiental potencial das classes de declividade.

Categorias de fragilidades	Classes de declividade	Peso de Fragilidade adotado no programa Legal	Categorias de declividade
Muito fraca	De 0 a 6%	1	Plano
Fraca	De 6 a 12%	2	Suave ondulado
Média	De 12 a 20%	3	Ondulado
Forte	De 20 a 30%	4	Colinas e morros
Muito Forte	Acima de 30%	5	Morros e escarpas

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

No *menu* da tabela principal selecionou-se a opção gerar novo PI de classe temática automática que foi associado ao modelo de dados da categoria temática. Completando a transformação dos polígonos e atributos cadastrais em uma representação cartográfica temática. As inconsistências de vetorização foram corrigidas por meio da ferramenta de edição vetorial do SIG/SPRING. Os índices de fragilidade ambiental das classes de Geologia, Geomorfologia e Pedologia seguiram os critérios (Quadro 2) propostos por Ross (1994).

A partir das cartas de declividade, Geomorfologia e carta imagem de cobertura da terra foi realizado o levantamento exploratório de solo no perímetro urbano de Lábrea – AM, conforme Santos et al. (2005). Em campo foram perfurados 8 perfis pedológicos (três trincheiras e dois cortes de barranco e três perfurações com trado holandês). Ainda em campo foi realizada a descrição morfológica dos perfis de solo e, em cada horizonte e / ou camada (46 no total) foram extraídos 500g de solo. As amostras de solo foram armazenadas em embalagens plásticas e transportadas em ambiente refrigerado ao Laboratório de química do Instituto Federal do Amazonas IFAM Campus Lábrea.

A quinta fase, consistiu na elaboração da carta de fragilidade ambiental potencial da cidade de Lábrea por meio da integração de informações espaciais através do Sistema de Informação

Geográfico – SIG/SPRING 5.2. Para tanto, foi utilizado as ferramentas de álgebra de mapa do tipo temático e análise espacial por meio de programação legal, conforme estabelece Barbosa e Cordeiro (2001) e Gonçalves (2010).

Quadro 2 – Fragilidades ambiental potencial das classes de Geologia, relevo e solo. Obs.: Prog. = Programação.

Graus	Unidades lito estratigráficas	Classe de dissecação do relevo	Tipo de solo	Peso adotado na prog. Legal
Muito fraca	Suite intrusiva granítica de São Lourenço.	11	Latossolos vermelho. e vermelho-amarelo com textura argilosa	1
Fraca	Cinturões de gnaisses do Complexo Jamari.	21, 22 e 12.	Latossolos amarelo e ver-amarelo com textura média / argilosa	2
Média	Depósitos da Formação Içá – Amazonas – Solimões.	31,32,33,13,23	Argossolos vermelho e vermelho amarelo com textura média / argilosa e Plitossolos	3
Forte	Formação fluviomarinho de Mutum Paraná	41,42,43,44,14,24,34	Argissolos e Cambissolos vermelho-amarelo com textura média / arenosa.	4
Muito Forte	Depósitos de aluviões da Formação – Médio Purus.	51,50,53,54,55,15,25,35 e 45.	Argissolos com cascalhos, Neossolos litólicos e flúvicos, e Gleissolos.	5

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Os pesos de ponderação das classes de fragilidade ambiental potencial dos temas de declividade, Geologia, Geomorfologia e Pedologia foram integrados, com base no método proposto por Ross (1994).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

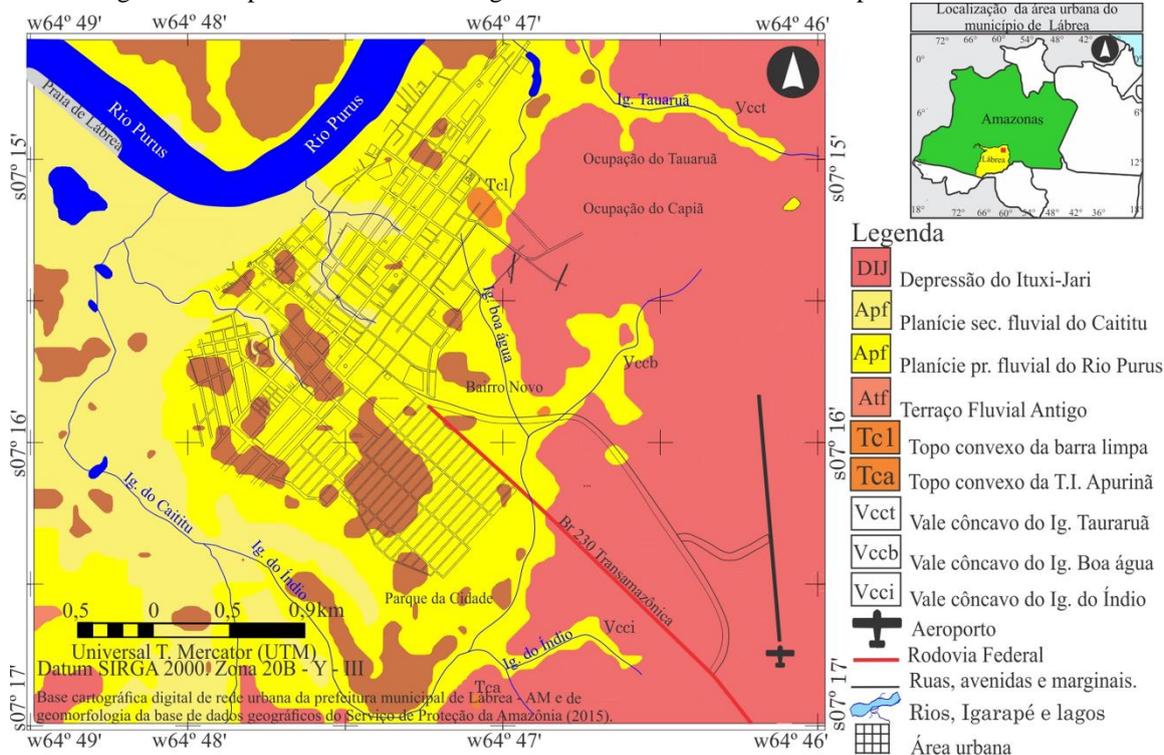
O relevo do espaço urbano de Lábrea caracteriza-se basicamente por terrenos planos na sua área central, oeste e noroeste, suave-ondulado na sua porção norte e ondulado na parte leste, sul e sudoeste. No contato entre a depressão Ituxi-Jari (DIJ) e a planície fluvial secundária do Igarapé Caititu (Apf^s), há desníveis fortes, superiores à 20 m.

O ambiente geomorfológico, de planície de acumulação fluvial (Apf), representa 58,54%, seguida pela DIJ e Terraços fluviais (Atf), que correspondem 33,18% e 7,30%, respectivamente. As demais unidades de relevo são formadas por morrotes rebaixados de topo convexo e vales fluviais, entalhados por canais da rede de drenagem de 1^a e 2^a ordens (Figura 2).

A partir da aplicação do método de análise dos resultados, foi possível delimitar três áreas com diferentes níveis de fragilidade ambiental potencial para a classe de relevo. As áreas com forte fragilidade estão localizadas, em grande parte, na planície fluvial primária (Apf^p) do médio rio Purus e na planície secundária do igarapé Caititu (Apf^s); as áreas com fragilidade mediana no terraço fluvial (Atf) e a área fraca localizara-se na DIJ.

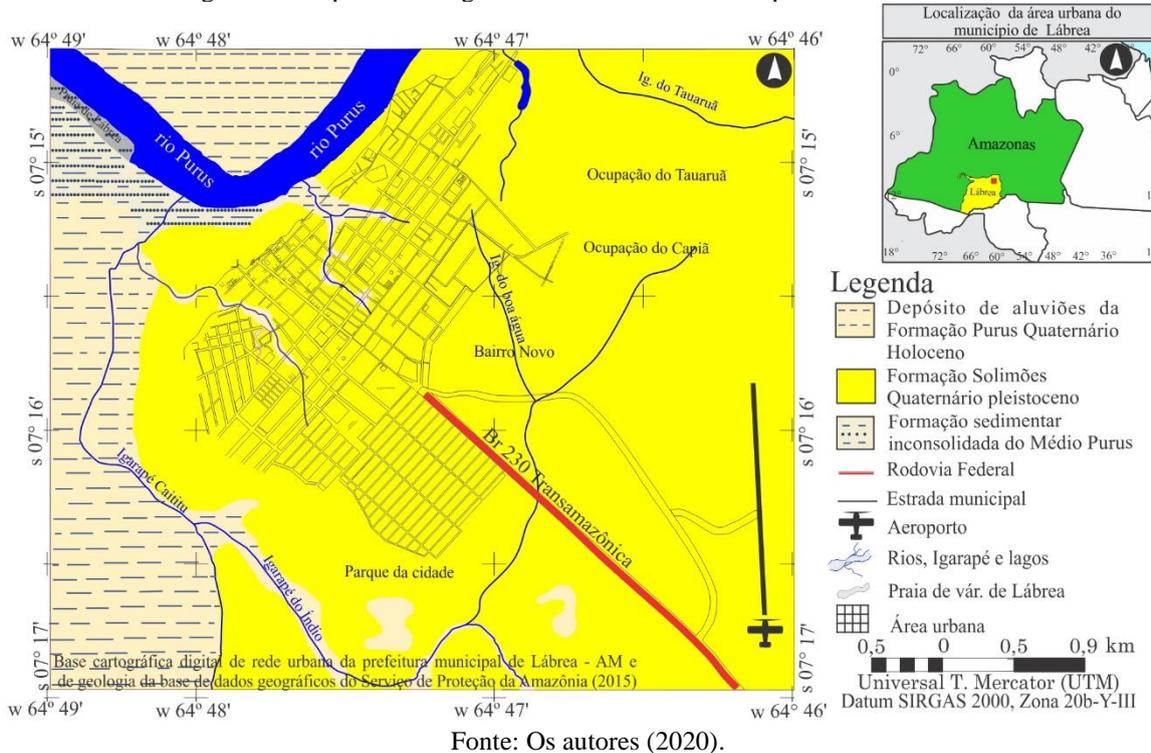
Esses resultados estão de acordo com os registrados por Mesquita (2017), em estudo sobre a fragilidade ambiental, realizado no município de Tefé – AM, e satisfaz os critérios adotados por Ross (2006), na classificação e descrição das unidades morfológicas de planície fluvial e depressão relativa, presente no espaço geográfico sul-amazônico.

Figura 2 – Mapa de unidade morfológica da área urbanizada no município de Lábrea – AM.



Embora as Apf^p e Apf^s tenham níveis de entalhamento dos vales e dimensões interfluviais, que variaram de muito baixa à baixa dissecação, essas foram integradas à categoria de fragilidade ambiental potencial forte devido ao processo de inundação fluvial periódico, derivado da variabilidade sazonal, no nível fluviométrico, da rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Purus. Além disso, a planície do médio rio Purus é composta por sedimentos (arenito, siltito e argilito) inconsolidados do período geológico Quaternário / Holoceno (Figura 3), o que confirma a fragilidade ambiental potencial da planície fluvial do rio Purus.

Figura 3 – Mapa de Geologia da área urbana no município de Lábrea – AM.



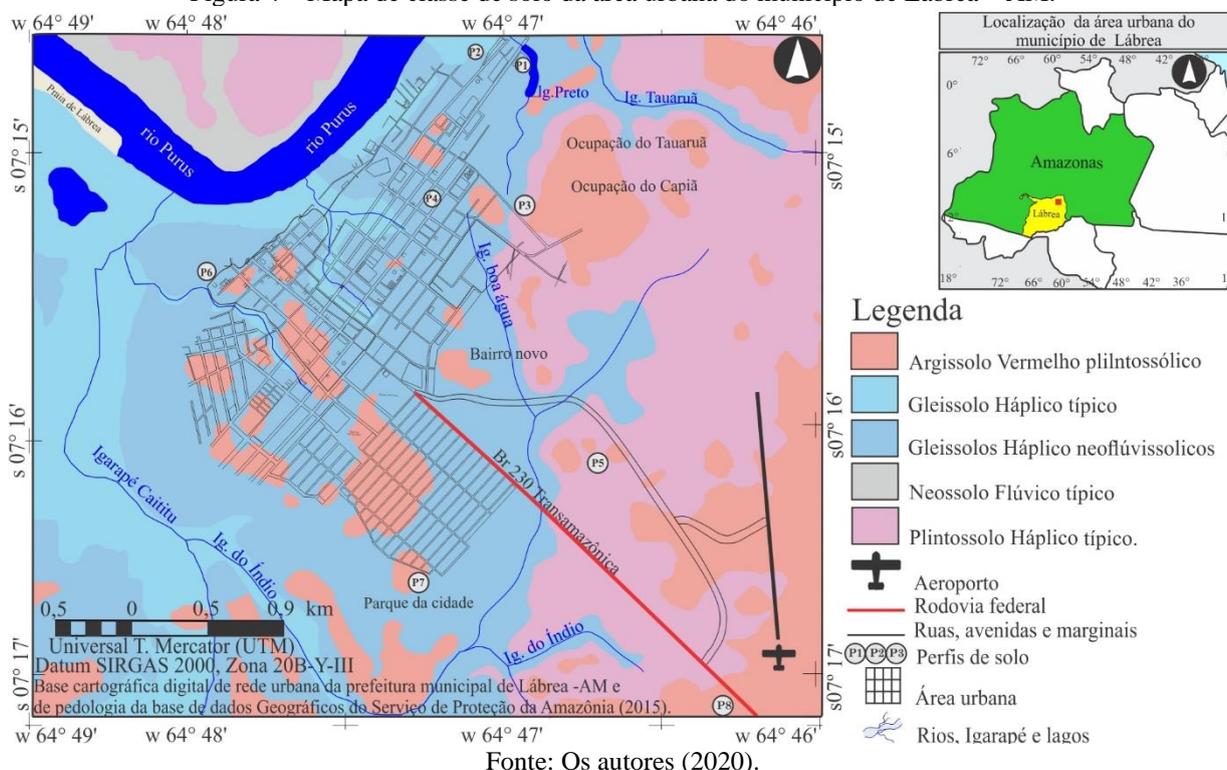
A respeito do grau de fragilidade ambiental da planície, Trombeta et al. (2014) explica que as planícies

fluviais favorecem a manutenção de processos geoquímicos e biológicos da ictiofauna de água doce. Portanto, necessitam de conservação, proteção e preservação ambiental efetiva do poder público.

Outra peculiaridade que admite o grau de instabilidade ambiental potencial forte da Apf^p rio Purus e Apf^s Caititu, para uso de construções urbanas, é a presença de Gleissolos e Neossolos (50,82% e 0,3%, respectivamente), conforme Figura 4. Esses solos são considerados pouco desenvolvidos, uma vez que apresentam características análogas à rocha matriz e são constituídos por material detrítico, com baixo teor de compostos orgânicos. Isso significa que não existe uma distinção nítida de horizontes / camadas de solo (POPP, 2010). A existência dessas classes de solo estão diretamente relacionadas à drenagem deficitária, à baixa capacidade de infiltração da água e o lençol freático pouco profundo, fato que favorece a estas classes de solo uma umidade excessiva por um período prolongado (SCHAEFER et al., 2017; VALLE; FRANCELINO; PINHEIRO, 2016).

Os Gleissolos Háplicos descritos no espaço urbano de Lábrea apresentaram horizonte glêico, à 50 cm de profundidade, por isso, possuem severas limitações ao uso e ocupação da terra para receber edificações prediais (domicílios residências e comerciais em alvenaria), instalações de parques industriais em galpões pré-moldados, assim como instalações de aterros sanitários a céu aberto para destino final de resíduos sólidos de origem industriais, hospitalares e residenciais (OLIVEIRA, 2019).

Figura 4 – Mapa de classe de solo da área urbana do município de Lábrea – AM.



Uma parte da rede urbana de Lábrea encontra-se sob a unidades morfoescultural de Atf (7,30% da área de estudo) e o nível de dissecação médio confere a esse tipo de relevo um grau médio de fragilidade ambiental. Entre os Atf existentes na parte central e periférica oeste (bairro da Fonte), há presença de estreitos depósitos sedimentares, que se assemelham a estrutura fluvio-lacustre de meandro abandono, denominados pela população local de Lago da 14 de maio e do Caititu. Esses lagos, no período de água alta e cheia (janeiro a março), são represados pela água do rio Purus, fenômeno que provoca alagação de algumas ruas e avenidas do Centro comercial e do Bairro da Fonte da cidade de Lábrea. Por isso, a área do entorno do Lago 14 de maio e Caititu foi considerada de forte fragilidade ambiental potencial, portanto, inadequada ao processo de urbanização.

Apesar das restrições ambientais e geotécnicas, a edificação predial e o risco iminente à inundações periódica, os arredores do Lago da 14 de maio e do Caititu encontram-se densamente urbanizados por palafitas (domicílios residências e comerciais em estrutura de madeira e alvenaria) e longas vias de circulação de

pedestres, denominadas pelo povo amazônico de trapiche, que interligam o centro comercial ao bairro da Fonte (periferia) (Figura 5).

A depressão (DIJ: dissecação = 2.1) é a segunda unidade morfológica escultural mais representativa em termos de extensão territorial (7.662 km²) e nível de fragilidade ambiental potencial. Nessa, há predomínio de terrenos com altitude média variando entre 73 a 83 m, há formas e padrões de relevo do tipo tabulares rebaixados com topo plano e, também, vales fluviais entalhados. Na borda oeste da DIJ, mais precisamente no bairro Barra Limpa e Vila Falcão, há a presença de morrotes (declives médios de 15% e amplitudes < 100 m) com topos convexos rebaixados, esculpidos pela ação de agentes exógenos (chuvas e escoamento superficial) (TORRES; NETO; MENEZES, 2012).

A DIJ é constituída por sedimentos de siltitos e argilitos, intercalados por arenito, com estratificação de argila. Essa última camada encontra-se capçada por arenito conglomerático, consolidado oriundo da formação Solimões, do período Quaternário Pleistoceno (CAPUTO; RODRIGUES; VASCONCELOS, 1971).

Figura 5 – Urbanização às margens do Lago 14 de maio e Caititu no espaço urbano de Lábrea – AM. (a) Domicílios construídos nos arredores do Lago 14 de maio. (b) Domicílios dos arredores do Lago Caititu.



Fonte: Os autores (2020).

Na DIJ e no Atf, predominam os Plintossolos Háplicos e os Argissolos Vermelho-Plintossólicos, porém, na descrição morfológica do perfil de solo (P2, P4 e P8), foram observados horizontes cujo percentual de plintita registrado foi inferior a 15% do volume total da massa testada (100 g de solo). Houve também a constatação de mosqueados comuns, pequenos à médios, abundantes e proeminentes de cores avermelhadas, amareladas e esbranquiçadas e um volume maior que 5% de nódulos esferolíticos de plintita, que satisfaz o caráter plíntico de uma ampla mancha de plintossolos na unidade morfoescultural de DIJ (Tabela 1).

Apesar da classe dos Plintossolos Háplicos identificados na DIJ e Atf terem apresentado horizontes com caráter plíntico à 40 cm de profundidade, os mesmos apresentam características pedogenéticas que possibilitam a expansão da urbanização, bem como a instalação de empreendimentos de médio e grande porte, à exemplo do aeroporto municipal de Lábrea, da usina termoelétrica e da usina de beneficiamento de borracha (desativada).

O nível de fragilidade ambiental médio, associado aos Argissolos Vermelho Plintossólicos e os Plintossolos Háplicos, impõem limitações em algumas áreas da Atf, no sentido de receber empreendimentos como: aterro sanitário controlado e a céu aberto, curtumes, laticínios, frigoríficos, entre outros, uma vez que o

caráter plúntico neste compartimento é originado por hidromorfismo, devido a flutuação do lençol freático, que promove a saturação do solo no período chuvoso sul-amazônico (RESENDE et al., 2007).

Tabela 1 – Características morfológicas (mosqueado, textura e estrutura) dos perfis solos descritos na área urbano de Lábrea – AM.

Horizontes	Profundidade (cm)	Cor munsell (úmida)		Textura	Descrição morfológica
		Matriz	Mosqueado		
Perfil 01 – Terraço fluvial / Argissolo Vermelho Plintossólicos (rua: 22 de outubro -Vila falcão)					
A _p	0-10	7,5 YR 4/4		Argilosa	mod., peq. a mpeq e bl. Sub.
A ₂	10-23	7,5YR 5/4		Argilosa	mod. Peq. a mpeq., méd e bl. Sub.
A ₃	23-43	2,5YR 5/8		Argilosa	mod. Peq. a mpeq., méd e bl. Sub.
AB	43-56	10R 5/8		Argilosa	mod., peq. a mpeq., e bl. sub.
BA	56-76	10R 5/8		Argilosa	mod., peq. a mpeq., e bl. sub.
B ₁	76-92	10R 5/6		M. argilosa	mod., peq. a mpeq., e bl. sub. ce.
Bf ₂	92-120	10R 6/6	10R 5/8, ab, mpq e dis.	M. argilosa	mod., peq. a mpeq., e bl. sub. ce.
Bf _g	120-150+	10R 6/6	10R 4/8, po. mpq e dif	M. argilosa	mod., peq. a mpeq., e bl. sub.
Perfil 06 – Planície fluvial secundária do Caititu / Gleissolos Háplicos neofluviológicos					
A	0-20	10YR 7/4		Fr-arenosa	
A ₂	20-40	10YR 7/4		Franca	
Ag ₃	40-60	10YR 7/4		Fr-siltosa	
Cg ₄	60-80	10YR 7/4	7.5Y-R 5/8. co, méd. pro.	Fr-arenosa	
Perfil 08 – Depressão Ituxi-Jari / Plitossolos Háplicos típico. (cascalheira municipal de Lábrea)					
A _p	0-12	5YR 5/6		M. argilosa	mod., pq. a méd., lig.dr. bl. sub.
A ₂	12-30	2,5YR 4/8		M. argilosa	mod., pq. a méd., lig.dr. bl. sub.
AB	30-49	2,5YR 6/8		M. argilosa	mod., pq. a méd., dr., bl. sub.
BA	49-73	2,5YR 6/8		M. argilosa	fo., pq. a méd., dr., pq. pt. bl. sub.
Bf	73+	2,5YR 5/8	2,5YR4/8, pq., ab e pro.	M. argilosa	fo. pq. a méd., dr., pq. pli. bl.sub.

Fonte: Adaptada de Linhares et al. (2014).

As áreas com fragilidade ambiental potencial fraca (33,18%) e média (7,30%), associadas ao relevo da DIJ e Atf, sugerem que estas unidades apresentam elevado potencial para a implantação planejada de novos assentamentos na cidade de Lábrea. Esses resultados assemelham-se aos obtidos por Pedro (2014), no mapeamento da fragilidade ambiental potencial do relevo da cidade de Marília – SP e Schiavo et al. (2016), ao analisar a fragilidade ambiental na bacia hidrografia do arroio Cadena no município de Santa Maria - RS.

A morfologia do terreno (relevo), adotada como componente principal de análise, demonstrou ser uma variável importantíssima na determinação da fragilidade potencial do espaço físico-territorial urbano de Lábrea. Ao mesmo tempo, a morfologia associada às variáveis secundárias (geologia, pedologia e declividade), permitiram identificar comportamentos ambientais de maior aptidão e limitação, destinados à expansão planejada da cidade de Lábrea (LOSSARDO; LORANDI, 2010).

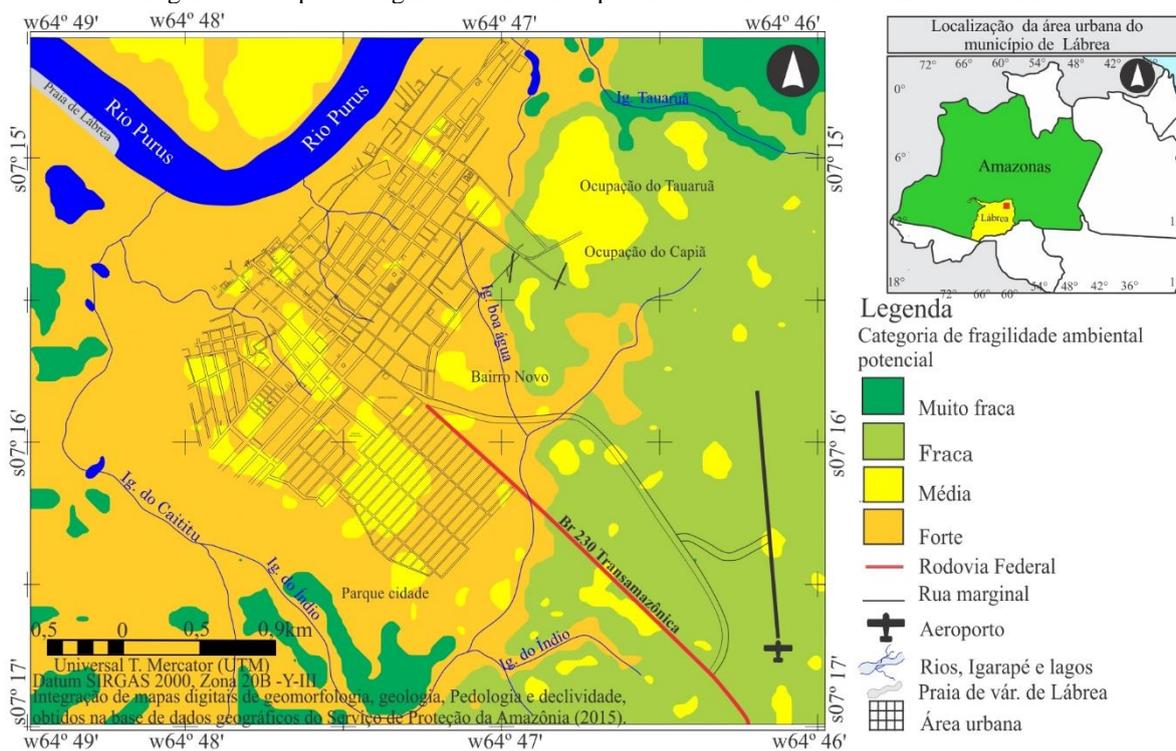
O método utilizado para mensurar a fragilidade potencial do meio físico permitiu constatar que o espaço urbano de Lábrea apresenta fragilidade ambiental potencial forte em 58,54% da área total avaliada, correspondendo ao compartimento de Ap^f e Ap^s (Figura 6). Essas unidades são consideradas prioritárias de preservação permanente, conforme o Código Florestal (BRASIL, 2012).

Houve, no ambiente morfológico de planície fluvial (médio curso do Igarapé Caititu no território indígena do povo Apurinã, às margens do rio Purus e Igarapé Tauaruã) e da depressão relativa (próximo ao Igarapé Tauaruã), áreas que apresentaram fragilidade ambiental potencial muito fraca, representando 1,07% da área estudada.

A concepção teórica proposta por Pereira e Szlafsztein (2015) e Schaefer et al. (2017), de que a totalidade do espaço geográfico urbano de Lábrea, atualmente, encontra-se sob compartimento instável do ponto de vista ambiental, foi confirmada. Porém, neste estudo, identificou-se uma área de 7.204 km², associada a unidade morfológica da Depressão Ituxi-Jari (DIJ), cujo resultado indicou um nível de fragilidade ambiental

potencial fraco (unidade ecodinâmica estável), o que demonstrou ser uma área suscetível à expansão da urbanização de Lábrea.

Figura 6 – Mapa de fragilidade ambiental potencial da área urbana de Lábrea – AM.



Fonte: Os autores (2020).

4 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, concluiu-se que a fragilidade ambiental potencial do espaço urbano de Lábrea apresenta instabilidade potencial forte na maioria de sua área, visto que predomina o relevo de planície fluvial suscetível à inundação fluvial periódica. Além disso, há a presença de solo pouco desenvolvido, oriundo do processo de hidromorfismo, com potencial restrito ao uso e ocupação do solo para fins de urbanização devido às limitações pedogenéticas, de profundidade e de drenagem interna e superficial.

Há uma área, com extensão significativa, que apresenta grau de estabilidade ambiental com potencial fraco e mediano, no espaço urbano estudado, em que prevaleceu o relevo da depressão relativa Ituxi-Jari (DIJ), com terrenos planos e suaves-ondulados e solos com horizontes diagnósticos pouco e bem desenvolvidos, com elevado potencial para implantação, mediante planejamento de assentamentos urbanos.

Levando em consideração as características do meio físico e a integração das variáveis que deram origem ao mapa de fragilidade ambiental potencial, os resultados indicam que a maior parte (58,54%) do espaço urbano de Lábrea é formado por unidade ecodinâmica instável. Por outro lado, há área que integra a unidade ecodinâmica estável (33,18%), que satisfaz a hipótese testada, ou seja, a atual área urbana de Lábrea dispõe de áreas suscetíveis à expansão planejada da urbanização.

O mapa de fragilidade ambiental potencial da cidade de Lábrea indica haver necessidade de melhorias na política de ordenamento territorial urbano por parte do poder público municipal, a fim de disciplinar o uso e a ocupação de terra nas áreas com forte fragilidade ambiental.

Agradecimentos

Especial agradecimento à Pró-reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação do Instituto Federal do Amazonas – IFAM por fomentar a pesquisa e a bolsa de iniciação científica e produtividade (nº do Proc. 23381000235/2018-37), à Prefeitura municipal de Lábrea e ao Laboratório de Biogeoquímica Ambiental Wolfgang C. Pfeiffer (BIOGEOQUÍMICA / UNIR).

Contribuição dos Autores

J. M. S. Linhares; D. P. L. Silva contribuíram na conceptualização, aquisição de financiamento e administração do projeto, metodológica, investigação, curadoria de dados e análise formal. J. F. Batista conceptualização, validação, revisão, redação – minuta inicial. W. R. Bastos; J. M. S. Linhares as adequações metodológicas, análise espacial de dados, supervisão, as correções textuais, revisão e edição final.

Conflito de Interesse

Os autores declaram que não há conflitos de interesse.

Referências

- BAHR, G. C.; CARVALHO, S. M. Identificação da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do arroio Uvaranal, como subsídio ao projeto de expansão urbana de Telêmaco Borba – PR. **RA'E GA**, v. 26, p. 157-181. 2012. Disponível em: < www.geografia.ufpr.br/raega/>. Acesso em: 17 maio 2020.
- BARBOSA, C. C. F.; CORDEIRO, J. P. C. Manual de referência Legal. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.N. V. **Introdução a Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001.
- BECKER, B. K. Fronteira e urbanização represadas. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 47, n. ¾, p. 357-371, 1985.
- BECKER, B. K.; STENNER, C. **Um futuro para a Amazônia**. São Paulo: Oficina de Texto, 2008.
- BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Novo Código Florestal Brasileiro. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF (2012 maio 25) [citado em 2010 set 01]. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm >. Acesso em: 14 jun. 2019.
- BRASIL. Lei nº 292 de 09 de outubro de 2006. **Zoneamento e os limites dos Bairro no perímetro urbano do município de Lábrea**. Ed. fac-similar, Amazonas: PML, 2006b. CD-ROM.- Vol. 01.
- BRASIL. Lei nº 326 de 06 de outubro de 2006. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental**. Ed. fac - similar, Amazonas: PML, 2006a. CD-ROM – Vol. 01.
- BRASIL. Lei nº. 10.257 de 10 de julho de 2001. **Estatuto da Cidade**. 3. ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2008.
- CAPUTO, M. V.; RODRIGUES, R.; VASCONCELOS, D. N. N. **Nomenclatura estratigráfica da Bacia do Amazonas – Histórico e Atualização**: Rio de Janeiro: CPRM, 1997.
- CORRÊA, A. L. A organização Urbana. In: ANGÉLICA, A. M. et al. **Geografia do Brasil: Região Norte**. 2. Ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. p. 255-270.
- DANTAS, M. E.; ARMESTO, R. C. G. Origem da paisagem. In: SILVA, C.R. (Ed) **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro**. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. p. 34-56. Disponível em:< <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/7144/6589> >. Acesso em: 10 jul. 2019.
- FILHO, V. L. R. **Urbanização e fragilidade ambiental na Bacia do córrego Proença, município de Campinas (SP)**. 213 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2006.
- GALLO, F. Elementos do processo recente de urbanização da região norte do Brasil: a relevância do Ministério da Defesa através de convênios federais para obras de infraestrutura urbana. **Revista Eletrônica Georaguaia**, v. 3, n. 2, p. 182 – 197, 2013.
- GONÇALVES, G. G. G. Procedimentos metodológicos para determinação da fragilidade ambiental de bacias hidrográficas. 116 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados.

Dourados, 2010.

- GUIRRA, A. P. M. Novas contribuições ao modelo de fragilidade ambiental à processos erosivos: estudo de caso aplicado ao perímetro urbano de Rondonópolis, Mato Grosso. 196 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Mato Grosso. Rondonópolis, 2017.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Ibge). Projeto RADAMBRASIL. In: **Levantamento de recursos naturais folha SB. 20 Purus**. ed. fac-similar. Rio de Janeiro: IBGE, 2003. CD-ROM - Vol. 17.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (Inpe) SPRING: **tutorial de geoprocessamento**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/>>. Acesso em: 01 ago. 2015.
- LINHARES, J. M. S.; BASTOS, W. R.; SILVA, D. P. L.; BALBIMOT, E.; SILVA, J. O.; MAIA, P. V. A. levantamento de solo em diferentes ambientes geomorfológicos e sistemas de uso da terra na microbacia hidrográfica do rio Pacιά – sul do Amazonas. **Revista Caminhos de geografia**, v. 15, n. 52, p. 21 – 40, 2014. Disponível em < <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/24272> > Acesso em: 25 jun. 2019.
- LOSSARDO, L. F.; LORANDI, R. Caracterização das potencialidades e fragilidades ambientais do meio físico de parte do município de Santa Rita do Passa Quatro. **Revista Geociência**, v. 29, n. 3, p. 386-399, 2010.
- MEDEIROS, J. S.; CÂMARA, G. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. 2. Ed. São José dos Campos: INPE, 1998.
- MESQUITA, M. **Identificação de fragilidade ambiental nas estradas agrovila e Emade Tefé (AM)**. 141 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2017.
- NASCIMENTO, M. D.; SOUZA, B. S. P. Fragilidade ambiental e expansão urbana da região administrativa nordeste da sede município de Santa Maria, RS. **Revista Ciência e Natura**, v. 32, n. 2, p. 163-181, 2010. DOI. 10.5902/2179460X9491.
- OLIVEIRA, J. B. **Classificação de solos e seu emprego agrícola e não agrícola**. 17p., 2008. Disponível em: Site < <http://jararaca.ufsm.br/websites/dalmolin/download/textospl/classif.pdf> >. Acesso em: 05 abr. 2019.
- PEDRO M. L. C. A carta de fragilidade do relevo como instrumento de orientação à ocupação na cidade de Marília/SP. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA – GOMORFOLOGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE, 10., 2014. Manaus. **Anais...** Manaus: UFAM, Programa de Pós-graduação em Geografia, 2014. p. 7-12.
- PEREIRA, D. M., SZLAFSZEIN, C. F. Ameaças e desastres naturais na Amazônia sul ocidental: análise da bacia do Rio Purus. **Revista RA'EGA**, v. 35, p. 68 -94, 2015. DOI. 10.5380/raega.v35i0.38820.
- POPP, J. H. **Geologia Geral**. 6. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.
- RESENDE, M, CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: Base para distinção de ambientes**. 5. Ed. Lavras: UFRA, 2007.
- RIBEIRO, M. A. C. Amazônia: a dimensão do urbano e a qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 57, n. 2, 41-61, 1995
- ROSS, J. L. S. Análise Empírica da fragilidade dos naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 8, p. 63-74, 1994. DOI. 10.7154/RDG.1994.0008.0006.
- ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil, subsídios para o planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Texto, 2006.
- SANTOS, J. O.; ROSS, J. L. S. Fragilidade ambiental urbana. **Revista da ANPEGE**, v. 8, 10, p. 127-144, 2012.
- SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H.G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Viçosa: EMBRAPA, 2005.
- SCHAEFER, C. E. G. R. et al. Solos da Região Amazônica. In: CURI, N.; KER, J. C.; NOVAIS, R. F.; VIDAL-TORRADO, P.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Solos dos Biomas Brasileiros**. Viçosa: Sociedade

- Brasileira de Ciência do Solo; 2017. p. 112-153. (2017). DOI: 10.5418/RA2012.0810.0009.
- SCHIAVO, B. N. V.; HNTZ, A. M. K.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R. Caracterização da fragilidade ambiental de uma bacia hidrográfica urbana no município de Santa Maria – RS. **Revista Eletrônica Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n. 01, p. 464-474, 2016. DOI. 10.5902/2236117019981.
- SILVA, A. E.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A. V. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus, **Revista Acta Amazônica**, v. 38, n. 4, p.733-742, 2008. DOI.: 10.1590/S0044-59672008000400017.
- SISTEMA DE PROTEÇÃO DE AMAZONIA (Sipam) **Imagens e Base Digital do município de Lábrea /AM**. Amazonas. Manaus: SIPAM, 2015. CD-ROM - Vol. 01.
- THOMAZINI, L. S.; LUPINACCI, Avaliação da fragilidade ambiental em área de expansão urbana: o caso da bacia do córrego do Castelo, Bauru (SP). **Revista de Geografia, Rio Claro**, v. 42, n. 1, p. 71-87, 2017.
- TORRES, F. T. P.; NETO, R. M.; MENEZES, S. O. **Introdução à Geomorfologia**. Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: SUPREN, 1977.
- TROMBETA, L. R. et al. Análise da fragilidade potencial e emergente do relevo da unidade de gerenciamento dos recursos hídricos pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, n. 36, volume especial, p. 159-173, 2014. Disponível em: <<http://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/3178/2664>>. Acesso em: 15 maio 2019.
- VALLE, I. C.; FRANCELINO, M. R.; PINHRIRO, H. S. K. Mapeamento da fragilidade ambiental do Rio Aldeia Velha. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 295-308, 2016. DOI. 10.1590/2179-8087.107714.
- VIRGA, T. Fronteira, urbanização e desenvolvimento na Amazônia sul americana: compreendendo disparidades nas cidades-gêmeas de Letícia (Colômbia) e Tabatinga (Brasil). **Revista de Relações Internacionais da UFGD**, v. 9, n. 12, p.109-133. 2017. Disponível em: <<http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/moncoes>>. Acesso em: 17 maio 2020.

Biografia do autor principal



Joiada Moreira da Silva Linhares, Guajará Mirim –RO, 1972, Geógrafo formado em 2000, pela Universidade Federal de Rondônia, Campus Porto Velho (UNIR). Mestre e Doutor em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente pelo PGDRA / UNIR com estágio de pesquisa no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental Wolfgang C. Pfeiffer (BIOGEOQUÍMICA). Atualmente é Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM Campus Lábrea. Atua na área de Geografia Física, com ênfase em Geoprocessamento aplicado ao Desenvolvimento Regional Ambiental.



Esta obra está licenciado com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.